Backgrounder

BP-181E

Nuclear-Powered Submarines: Potential Environmental Effects

Thomas Curren
Science and Technology Division

October 1988

Library of Parliament
Bibliothèque du Parlement

Research Branch

89-05461/

The Research Branch of the Library of Parliament works exclusively for Parliament, conducting research and providing information for Committees and Members of the Senate and the House of Commons. This service is extended without partisan bias in such forms as Reports, Background Papers and Issue Reviews. Research Officers in the Branch are also available for personal consultations in their respective fields of expertise.

© Minister of Supply and Services Canada 1989

Cat. No. YM32-2/180E

ISBN 0-660-13225-7

CE DOCUMENT EST AUSSI
PUBLIÉ EN FRANÇAIS

CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

NUCLEAR-POWERED SUBMARINES: POTENTIAL ENVIRONMENTAL EFFECTS

INTRODUCTION

The proposed acquisition of nuclear-powered submarines by the Canadian Armed Forces raises a number of legitimate concerns, including that of their potential impact on the environment. The use of nuclear reactors as the propulsion units in these submarines merits special consideration, for obvious reasons. Radioactivity, as an environmental pollutant, has unique qualities and, moreover, engenders particular fears among the general population. Though some of these fears may be based upon lack of knowledge of the technology involved, or a misunderstanding of the potential for serious accident, the basic concerns about radiation-induced illnesses and ecological effects are well-founded.

The effects of nuclear-powered submarines on the environment fall into two distinct categories: those deriving from normal operations of the submarine (the chief concern of this paper), and those deriving from a reactor accident.

THE REACTOR ACCIDENT

One fear that may be harboured by members of the general public is that the reactor of the nuclear-powered submarine is "an atomic bomb waiting to explode." Although a reactor core melt-down, for example, is an extremely serious event, it is not equivalent to a nuclear explosion. In fact, the reactor in a nuclear-powered submarine cannot explode like a bomb; the reactor core is so designed that this is a physical impossibility.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

TABLE OF CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	1
THE REACTOR ACCIDENT	1
RADIOACTIVITY RELEASES FROM NUCLEAR-POWERED VESSELS	3
ENVIRONMENTAL SAFEGUARDS	6

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

A reactor accident may be defined as an unexpected event which is likely to lead to, or has resulted in, a radiological hazard external to the actual reactor. The most serious reactor accident for which protection mechanisms can be designed is the maximum design accident, or MDA. This is defined as a loss of primary coolant beyond make-up capacity, leading to core melt-down and the release of fission products. The more severe possible accidents, for example the failure of the reactor pressure vessel, are not covered by the protection mechanisms in a nuclear-powered submarine.

A reactor accident would release large amounts of dangerous radioactivity, the effects of which would depend on a number of variables, including the location of the accident (whether in port or at sea), the containment state of the submarine, the weather conditions (particularly the wind direction and speed) and the operational state of the reactor plant at the time of the accident.

This last factor, the reactor plant state, is very important in an accident scenario. In the normal sea-going state, Plant State A, the submarine's pressurized water reactor (PWR) operates at high temperature and pressure. It is in this state that a catastrophic rupture of the plant pipework is most likely to happen, leading to a reactor accident. It must be emphasized, however, that the probability of such an accident is extremely small; none, in fact, has ever occurred on a nuclear submarine.

The probability of failure of the plant pipework is much less, and indeed becomes effectively zero, when the pressure and temperature of the PWR are similarly reduced, an operational state known as Plant State B. This is the normal state of the PWR during docking procedures in harbour.

Therefore, we may conclude that the highest probability of a reactor accident exists when the submarine is operating at full power in the open sea, typically away from population centres and sensitive environmental areas. The corollary is that the likelihood of a reactor accident is lowest when the consequences of that accident would be most serious.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

RADIOACTIVITY RELEASES FROM NUCLEAR VESSELS

The principal concern about environmental effects caused by nuclear-powered submarines, however, relates to the release of radioactivity during normal operations and maintenance. Both the type and amount of radiation are important considerations. In the context of this discussion, it must be recognized that radiation from a man-made source may have to be weighed against a quantity of similar "background" radiation; that is, radiation present in the natural environment. In some cases, such radiation is of significant magnitude.

The data included in this section of the paper are from the United States Navy (USN), as presented to the Procurement and Military Nuclear Systems Subcommittee of the House of Representatives Committee on Armed Services.(1) These congressional hearings are an annual event. The data cited are from an appendix to the actual hearings, in the form of an annual report.(2)

The radioactivity in materials of concern originates in the PWRs of nuclear-powered ships, principally submarines. At the end of 1985, the USN had a total of 147 nuclear-powered vessels, including 134 submarines. Support facilities for this fleet included eight shipyards, seventeen tenders, and four submarine bases which were involved in construction, maintenance, overhaul and refuelling.

The environmental monitoring report claims that since the start of the naval nuclear propulsion program in the mid-1950s, the USN has been able to reduce radioactivity releases progressively to a minimum

---

(1) United States Congress, Naval Nuclear Propulsion Program - 1987, Hearing on H.R.4526 [H.R.4428], Department of Energy National Security Programs Authorization Act for Fiscal Years 1987 and 1988, before the Procurement and Military Nuclear Systems Subcommittee of the Committee on Armed Services, House of Representatives, 99th Congress, 2nd Session, February 20, 1986, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

(2) J.J. Mangeno, D.H. Rushworth and B.F. Harvey, Environmental Monitoring and Disposal of Radioactive Wastes from U.S. Naval Nuclear-Powered Ships and Their Support Facilities, 1985, Report NT-86-1, February 1986. Approved by Admiral K.R. McKee, USN, Director, Naval Nuclear Propulsion Program. (Appendix A to Reference #1, above)

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

through the adoption of new procedures, standards and regulations. The total gamma radioactivity(3) released within 12 miles of shore from all USN nuclear-powered ships and their support facilities between 1971 and 1985 is claimed to have been less than 0.002 curies per year.(4) The report states: "As a measure of the significance of these data, if one person were able to drink the entire amount of radioactivity discharged into any harbor in any of (these fifteen) years, he would not exceed the annual radiation exposure permitted for an individual worker by the U.S. Nuclear Regulatory Commission." The total radioactivity released into the open sea more than 12 miles from shore is stated to be 0.4 curies per year. These two figures exclude radioactivity from tritium and carbon 14, both of which are discussed below.

The principal source of radioactivity in liquid wastes comes from trace amounts of corrosion and wear products from reactor plant metal surfaces in contact with reactor coolant water. A variety of radioactive elements, or radionuclides, is produced. The predominant radionuclide with a half-life greater than one day is cobalt 60, which has a half-life of 5.3 years.(5)

The reactor coolant water also contains radionuclides with very short half-lives ranging from seconds to hours. This group includes such species as nitrogen 16 (7 second half-life), argon 41 (1.8 hour half-life), and manganese 56 (2.6 hour half-life). For the longest-lived of this group, the concentration in water is reduced, within about 24 hours, to one-thousandth of the initial concentration.

---

(3) Gamma rays are emitted by the nucleus of a radioactive element and are basically the same as x-rays, but generally have more energy. Gamma rays can travel great distances through the air and can sometimes penetrate quite deeply into the human body. Since gamma radiation is ionizing radiation, it has the potential to cause harm to living organisms, if the dose is high enough.

(4) Named for M^me^ Marie Curie, a "curie", or Ci, is a measure of radioactivity, or the rate at which radioactive material disintegrates. Thus 1 Ci is equal to 37 billion disintegrations per second, approximately the radioactivity of one gram of radium 226.

(5) The "half-life" of the radionuclide is the time for its radioactivity to decrease to half of its original value.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Fission product radionuclides produced in the reactor itself are retained in the fuel elements, including the fission gases krypton and xenon. Some fission products are released into the reactor coolant, with the longest-lived species being strontium 90 and cesium 137. The USN claims that the volumes of reactor coolant released into the environment are so low that the total radioactivity attributable to strontium 90 and cesium 137 is less than 0.001 Ci per year for all harbours combined.

Tritium, another radioactive element formed in reactor coolant systems, has a half-life of 12.3 years but the radiation emitted is in the form of beta particles of very low energy. Also, tritium is a natural component of the environment, being formed as a result of cosmic radiation in the upper atmosphere. The report by Mangeno et al. states that this natural source of tritium totals some four million Ci per year, and that the inventory of tritium in the world's oceans as a result of rainfall is about 70 million Ci. It also states that the entire USN nuclear fleet releases less than 200 Ci of tritium per year. Assuming these various figures (including the estimated release of tritium from naval reactors) are correct, the discharge of tritium from a nuclear-powered submarine under normal operating conditions should be insignificant in terms of overall environmental impact. One cannot, of course, rule out the possibility of local detrimental effects from an accidental spill.

Carbon 14 is formed in small quantities in reactor coolant systems and has a half-life of 5,730 years. However, it emits only low-energy beta radiation during the decay process and, also, is commonly found in the natural environment. Mangeno et al. state that the earth's total carbon 14 inventory is about 250 million Ci, while the USN nuclear fleet is claimed to release less than 100 Ci annually. Assuming these figures also are accurate, the environmental impact of carbon 14 released annually from nuclear-powered vessels should be negligible, with the exclusion again of possible local detrimental effects.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

ENVIRONMENTAL SAFEGUARDS

The testimony presented to the United States Congress by the United States Navy and summarized above, is reassuring in terms of the environmental impact of nuclear-powered submarines under normal operating conditions. Perhaps, however, two cautionary points can be raised.

First, it has to be accepted that unintentional releases of radioactivity, even exclusive of a reactor accident, are possible. Implicit in the data presented by the USN, however, is the suggestion that there have been no such releases of radioactivity during the operations of nuclear warships, at sea or within 12 miles of shore. This could mean that submarine operational procedures are so exacting, and crews so well-trained, that accidents do not occur. On the other hand, it could mean that accidents of this type are simply not made public by the military as a matter of policy.

It should be noted that catastrophic accidents have occurred on board nuclear submarines. The USN has, in fact, lost two nuclear submarines, the THRESHER and the SCORPION, in the Atlantic Ocean, the former in April 1963 and the latter in May 1968. Neither disaster was reported to have involved a reactor accident, however. Also, it should be emphasized that two decades have now elapsed since the loss of the SCORPION, an indication, perhaps, of continual improvement in operational procedures and safeguards.

There have also been unofficial reports of accidents involving nuclear submarines, including accidental releases of radioactivity. The (U.S.) Center for Investigative Reporting published a survey in 1983 alleging that such accidents are fairly common.

An article by David E. Kaplan, which summarizes the 1983 survey, states:

- Serious problems have befallen U.S. naval reactors..., including at least thirteen accidental discharges of radioactive material in coastal areas.

- Nuclear vessels frequently encounter difficulties which could lead to nuclear accidents, including floods, fires and mechanical breakdowns. Although most of these incidents go unreported, a 1983 survey by the

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

> Center for Investigative Reporting revealed 126 since 1954...Over one-quarter of the events involved problems related to the nuclear power plant.(6)

The USN has denied the claims by the Center for Investigative Reporting.(7) Whether these claims are accurate or not is an important consideration, inasmuch as they may reflect on the inherent reliability of nuclear-powered submarines.

A Canadian nuclear fleet would need extensive and complex shore facilities, including one or more operating bases and at least one refit base. These bases would handle nuclear fuel and other radioactive materials and would therefore be potential sources of environmental contamination.

An operating base would have facilities for running repairs and minor maintenance and, possibly, a training plant. It has been suggested that an operating base would be required on each of the Atlantic and Pacific coasts. One of these bases could be combined with the refit base and would be the site for overhauls and major repairs. East coast candidates include Halifax, Saint John, New Brunswick, and St. John's and Argentia, Newfoundland. The west coast possibilities include Vancouver, Esquimalt and Prince Rupert.(8)

It is clear that a complex system of procedures would have to be designed to handle the nuclear fuel cycle, from the mining of the uranium, to the processing and shipping of the fuel, and to the collection, treatment and disposal of solid and liquid wastes from the submarines themselves. To back up this network, it would be necessary to establish a

---

(6) David E. Kaplan, "When Incidents Are Accidents: The Silent Saga of the Nuclear Navy," Oceans, Volume 16, No. 4, July-August 1983, pp. 26-33.

(7) Navy Response to the Article Entitled "The Nuclear Navy," July 20, 1983; and Setting the Record Straight - Allegations and Reactions (From Sea Power, September 1983, by Vincent C. Thomas, Jr.) Appendix D to: United States Congress, Naval Nuclear Propulsion Program - 1984, Hearing on HR5263 [H.R.5395], February 28, 1984.

(8) Richard L. Donaldson, "Basing the SSN Fleet," Wings Magazine, CASAP, 1988, pp. 51-54.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

comprehensive system of environmental monitoring and controls, including technologies and personnel capable of dealing with emergency situations.

The obvious question at this point is whether the entire system would be under the mandate of the Department of National Defence, or whether civilian agencies, such as Environment Canada and the relevant provincial departments, would be involved, and if so to what extent. A second question concerns information gathered by the environmental monitoring system, regardless of who operated and established it. Would this information be available to the public, or would it be classified in the name of national security?

Nuclear-powered submarines have been in operation for some three decades, and an enormous body of data must exist, primarily in the United States but also in France and Great Britain, to support their safe and effective operation. It must be assumed that there is also extensive information on the environmental impact of the operations of these submarines. As yet, however, little information on this aspect of the proposed submarine program has been made available to the Canadian public.

Étude générale

BP-181F

Les sous-marins à propulsion nucléaire : effets possibles sur l'environnement

Thomas Curren
Division des sciences et de la technologie

Octobre 1988

Bibliothèque du Parlement
Library of Parliament

Service de recherche

Le Service de recherche de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, il assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1989

N° de cat. YM32-2/181F

ISBN 0-660-92635-0

THIS DOCUMENT IS ALSO PUBLISHED IN ENGLISH

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION..... 1

L'ACCIDENT DE RÉACTEUR..... 1

LES ÉMISSIONS DE RADIOACTIVITÉ DES NAVIRES À PROPULSION NUCLÉAIRE... 3

LES MESURES DE SÉCURITÉ ENVIRONNEMENTALES..... 6

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

LES SOUS-MARINS À PROPULSION NUCLÉAIRE: EFFETS POSSIBLES SUR L'ENVIRONNEMENT

INTRODUCTION

Le projet d'acquisition de sous-marins à propulsion nucléaire par les Forces armées canadiennes soulève un certain nombre de préoccupations légitimes, notamment quant aux effets possibles de ces navires sur l'environnement. L'utilisation de réacteurs nucléaires pour leur propulsion appelle une attention toute particulière, et ce, pour des raisons évidentes. En tant que polluant de l'environnement, la radioactivité présente des caractéristiques uniques et suscite des craintes particulières au sein du grand public. Certaines de ces craintes peuvent être dues à une méconnaissance de la technologie utilisée ou à une exagération des risques d'accidents graves, mais les préoccupations fondamentales quant aux effets des radiations sur la santé de l'homme et sur l'environnement sont bien fondées.

Les effets des sous-marins à propulsion nucléaire sur l'environnement se répartissent en deux catégories: ceux qui sont associés au fonctionnement normal des sous-marins, sur lesquels portera l'essentiel de notre étude, et ceux qui découlent d'un accident du réacteur.

L'ACCIDENT DE RÉACTEUR

Une crainte que peuvent nourrir certaines personnes est que le réacteur d'un sous-marin à propulsion nucléaire soit "une bombe atomique prête à exploser". Or, bien que la fusion du coeur du réacteur, par exemple, soit quelque chose de très grave, elle diffère d'une explosion nucléaire. En fait, le réacteur d'un sous-marin à propulsion nucléaire ne

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

peut pas exploser comme une bombe, car son coeur est conçu de telle sorte que cela est matériellement impossible.

Un accident de réacteur peut se définir comme un événement inattendu qui risque de provoquer ou qui a provoqué un risque radiologique à l'extérieur du réacteur même. Le plus grave accident de réacteur en prévision duquel on puisse concevoir des mécanismes de protection est appelé accident maximal de référence. Il s'agit d'une perte du fluide primaire de refroidissement au-delà de la capacité du système d'appoint, entraînant la fusion du coeur du réacteur et le rejet de produits de fission. Les accidents plus graves qui pourraient survenir, comme la rupture de la cuve sous pression du réacteur, ne sont pas visés par les mécanismes de protection des sous-marins à propulsion nucléaire.

Un accident de réacteur libérerait de grandes quantités de radioactivité dangereuse dont les effets dépendraient d'un certain nombre de variables, dont le lieu de l'accident (au port ou en mer), le degré de confinement du sous-marin, les conditions météorologiques (en particulier la direction et la vitesse du vent) ainsi que l'état de fonctionnement de l'installation du réacteur au moment de l'accident.

Ce dernier facteur, l'état de l'installation du réacteur, est très important dans tout scénario d'accident. Dans des conditions normales de sortie en mer (état A de l'installation), le réacteur à eau sous pression du sous-marin fonctionne à température et à pression élevées. C'est à ce régime qu'une rupture catastrophique des canalisations de l'installation risque le plus de se produire, entraînant un accident de réacteur. Il faut cependant souligner que la probabilité d'un tel accident est extrêmement faible; en fait, il n'y en a jamais eu dans un sous-marin nucléaire.

La probabilité d'une rupture des canalisations de l'installation est encore plus faible, et se réduit effectivement à néant, lorsque la pression et la température du réacteur sont réduites parallèlement, dans l'état B de l'installation. Il s'agit de l'état normal de fonctionnement du réacteur au cours des manoeuvres d'entrée au port.

On peut donc conclure que la plus forte probabilité d'un accident de réacteur se présente lorsque le sous-marin navigue à plein

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

régime en haute mer, soit, normalement, à une bonne distance des centres de population et des zones vulnérables sur le plan de l'environnement. Par conséquent, on peut dire qu'un accident de réacteur risque le moins de se produire lorsque ses effets seraient les plus graves.

LES ÉMISSIONS DE RADIOACTIVITÉ DES NAVIRES À PROPULSION NUCLÉAIRE

De tous les effets des sous-marins à propulsion nucléaire sur l'environnement, le plus redouté est toutefois l'émission de radioactivité au cours du fonctionnement et de l'entretien normaux de ces bâtiments. Le type et la quantité des rayonnements revêtent une grande importance. Dans le cadre de notre étude, il ne faut pas oublier qu'on peut avoir à mettre en balance des rayonnements de source artificielle et le fond naturel de rayonnement de l'environnement, qui est parfois assez important.

Les données présentées ci-après sont celles de la Marine américaine telles qu'elles ont été soumises à la Sous-commission des achats et des systèmes nucléaires militaires de la Commission des services armés de la Chambre des représentants(1). La Sous-commission tient des audiences une fois par an. Les données citées sont extraites d'une annexe jointe, sous forme de rapport annuel, aux procès-verbaux(2).

La radioactivité des matières en cause provient des réacteurs à eau sous pression des navires à propulsion nucléaire, surtout

---

(1) Congrès des États-Unis, Naval Nuclear Propulsion Program - 1987, audiences sur le projet de loi H.R.4526 [H.R.4428], loi portant autorisation des programmes de sécurité nationale du département de l'Énergie pour les exercices 1987 et 1988, devant la Sous-commission des achats et des systèmes nucléaires militaires de la Commission des services armés, Chambre des représentants, 99e Congrès, 2e session, 20 février 1986, Bureau des impressions du gouvernement des États-Unis, Washington (D.C.).

(2) J.J. Mangeno, D.H. Rushworth et B.F. Harvey, Environmental Monitoring and Disposal of Radioactive Wastes from U.S. Naval Nuclear-Powered Ships and Their Support Facilities, 1985, rapport NT-86-1, février 1986. Approuvé par l'amiral K.R. McKee, directeur du Programme des navires à propulsion nucléaire (Annexe A du document mentionné à la note n° 1 ci-dessus).

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

les sous-marins. À la fin de 1985, la Marine américaine possédait en tout 147 navires à propulsion nucléaire, dont 134 sous-marins. Les installations auxiliaires nécessaires à cette flotte comprenaient 8 chantiers navals, 17 ravitailleurs et 4 bases pour sous-marins, qui offraient des services de construction, d'entretien, de radoub et de renouvellement du combustible.

Selon le rapport de surveillance de l'environnement, depuis la mise en place, au milieu des années 50, du Programme des navires à propulsion nucléaire, la Marine américaine a pu réduire progressivement au minimum les émissions de radioactivité grâce à l'adoption de nouvelles procédures, normes et réglementations. Le rayonnement gamma(3) total libéré à moins de 12 milles du rivage par tous les navires à propulsion nucléaire de la Marine américaine et par leurs installations auxiliaires est censé avoir été inférieur à 0,002 curie par an entre 1971 et 1985(4). D'après le rapport, "pour évaluer l'importance de ces données, il faut savoir que si une personne absorbait la totalité de la radioactivité libérée dans n'importe quel port au cours de l'une de ces 15 années, cela ne dépasserait pas le niveau annuel d'irradiation autorisé pour chaque travailleur par la Commission américaine de réglementation du secteur nucléaire". On situe à 0,4 curie par an la quantité totale de radioactivité libérée en haute mer à plus de 12 milles du rivage. Ces deux chiffres ne tiennent pas compte de la radioactivité provenant du tritium et du carbone 14, que nous allons examiner plus loin.

La radioactivité des déchets liquides est surtout due à d'infimes quantités de corrosion et de produits d'usure provenant des

---

(3) Les rayons gamma sont émis par le noyau d'un élément radioactif et sont pratiquement semblables aux rayons X bien qu'ils possèdent en général plus d'énergie. Les rayons gamma peuvent se déplacer sur de grandes distances dans l'air et ils peuvent parfois pénétrer très profondément dans le corps humain. Étant donné que le rayonnement gamma est un rayonnement ionisant, il peut, à partir d'une certaine dose, faire du tort aux organismes vivants.

(4) Ainsi nommé en l'honneur de M^me^ Marie Curie, le curie (Ci) est une mesure de la radioactivité, c'est-à-dire de la vitesse à laquelle une substance radioactive se désintègre. Ainsi, 1 Ci représente 37 milliards de désintégrations par seconde, soit approximativement la radioactivité d'un gramme de radium 226.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

parois métalliques de l'installation du réacteur qui sont en contact avec l'eau de refroidissement de celui-ci, ce qui entraîne la production de diverses substances radioactives, ou radionucléides. Parmi ceux dont la période radioactive est supérieure à un jour, le radionucléide prédominant est le cobalt 60, avec une période de 5,3 années(5).

L'eau de refroidissement du réacteur contient aussi des radionucléides ayant une période radioactive très brève, allant de quelques secondes à quelques heures. Ce groupe comprend notamment l'azote 16 (période radioactive de 7 secondes), l'argon 41 (période radioactive de 1,8 heure) et le manganèse 56 (période radioactive de 2,6 heures). En l'espace de 24 heures, la concentration dans l'eau de cette dernière substance, qui a la plus longue période du groupe, passe à un millième de sa concentration initiale.

Les radionucléides de fission produits dans le réacteur sont conservés dans les éléments combustibles, y compris les gaz de fission comme le krypton et le xénon. Certains produits de fission sont libérés dans le fluide de refroidissement du réacteur, ceux dont la période radioactive est la plus longue étant le strontium 90 et le césium 137. Selon la Marine américaine, les quantités de fluide de refroidissement libérées dans l'environnement sont si minimes que la radioactivité totale attribuable au strontium 90 et au césium 137 est inférieure à 0,001 Ci par an pour l'ensemble des ports.

Le tritium, autre élément radioactif qui se forme dans les systèmes de refroidissement du réacteur, a une période radioactive de 12,3 années, mais la radiation émise est composée de particules bêta dont l'énergie est très minime. De plus, le tritium est un élément naturel de l'environnement, puisqu'il se forme sous l'effet de rayons cosmiques dans les couches supérieures de l'atmosphère. Selon le rapport de Mangeno et al., cette source naturelle de tritium représente en tout quelque 4 millions de Ci par an, et le tritium qui se retrouve dans les océans de la planète par suite des chutes de pluie représente environ 70 millions de Ci; par ailleurs, la totalité de la flotte nucléaire de la Marine américaine

---

(5) La "période radioactive" du radionucléide est le temps nécessaire pour que sa radioactivité soit réduite à la moitié de sa valeur initiale.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

libère moins de 200 Ci de tritium par an. À supposer que ces différents chiffres soient exacts (y compris les quantités estimatives de tritium dégagées par les réacteurs des navires), les rejets de tritium par un sous-marin à propulsion nucléaire dans des conditions de fonctionnement normales devraient être insignifiants par rapport à leur incidence sur l'environnement. On ne peut toutefois exclure la possibilité qu'un déversement accidentel ait des effets néfastes sur le plan local.

Le carbone 14 se forme en petites quantités dans les systèmes de refroidissement des réacteurs, et sa période radioactive est de 5 730 années. Cependant, il n'émet qu'un rayonnement bêta de faible énergie au cours du processus de désintégration et il se trouve couramment dans l'environnement naturel. Selon Mangeno et al., la quantité totale de carbone 14 que contient la planète représente environ 250 millions de Ci, tandis que la flotte nucléaire de la Marine américaine en libérerait moins de 100 Ci par an. À supposer que ces chiffres soient exacts eux aussi, l'incidence sur l'environnement du carbone 14 libéré annuellement par les navires à propulsion nucléaire devrait être négligeable, toujours si l'on exclut d'éventuelles répercussions négatives sur le plan local.

LES MESURES DE SÉCURITÉ ENVIRONNEMENTALES

Le témoignage présenté au Congrès des États-Unis par la Marine américaine et résumé ci-dessus est rassurant en ce qui concerne les effets sur l'environnement des sous-marins à propulsion nucléaire, dans des conditions normales de fonctionnement. Cependant, il faudrait peut-être faire deux mises en garde.

Tout d'abord, il faut reconnaître que des émissions fortuites de radioactivité sont possibles, même sans qu'il se produise un accident de réacteur. Cependant, les données présentées par la Marine américaine donnent à croire qu'il n'y a pas d'émission de radioactivité pendant l'utilisation des navires de guerre nucléaires, que ce soit en mer ou à moins de 12 milles des côtes. On pourrait en conclure que les procédures opérationnelles des sous-marins sont si astreignantes et les équipages si bien entraînés qu'il ne se produit pas d'accidents. Mais on

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

pourrait aussi penser que les militaires ont simplement pour politique de ne pas rendre publics les accidents de ce genre.

Il convient de signaler que des accidents catastrophiques se sont produits à bord de sous-marins nucléaires. En fait, la Marine américaine en a perdu deux dans l'océan Atlantique, le THRESHER en avril 1963 et le SCORPION en mai 1968. Toutefois, on n'a jamais dit que ces désastres avaient été provoqués par un accident de réacteur. De plus, deux décennies se sont écoulées depuis la perte du SCORPION, ce qui signifie peut-être que l'on a continué à améliorer les procédures opérationnelles ainsi que les mesures de sécurité.

Des rapports officieux ont fait état d'accidents de sous-marins nucléaires et d'émissions accidentelles de radioactivité. Le Center for Investigative Reporting des États-Unis a publié en 1983 une étude selon laquelle des accidents de ce genre sont assez courants(6).

D'après un article de David E. Kaplan qui résume cette étude:

- Les réacteurs de la Marine américaine ont connu de graves difficultés, y compris au moins treize émissions accidentelles de substances radioactives dans les régions côtières.

- Les navires nucléaires font souvent face à des difficultés qui pourraient provoquer des accidents nucléaires, y compris des inondations, des incendies et des pannes techniques. Bien que la plupart de ces incidents ne soient pas signalés, une étude faite en 1983 par le Center for Investigative Reporting en a relevé 126 depuis 1954. Plus du quart de ces accidents comportaient des difficultés associées aux installations nucléaires.

---

(6) David E. Kaplan, "When Incidents Are Accidents: The Silent Saga of the Nuclear Navy", Oceans, vol. 16, n° 4, juillet-août 1983, p. 26-33.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

La Marine américaine a démenti les affirmations du Center for Investigative Reporting(7). Il importe pourtant de savoir si elles sont fondées, dans la mesure où elles peuvent soulever des doutes quant à la fiabilité inhérente qu'on attribue aux sous-marins à propulsion nucléaire.

Par ailleurs, une éventuelle flotte nucléaire canadienne exigerait des installations côtières nombreuses et complexes, dont au moins un centre opérationnel et au moins un centre de radoub. On y manipulerait du combustible nucléaire et d'autres matières radioactives, ce qui en ferait des sources possibles de contamination de l'environnement.

Le centre opérationnel comprendrait des installations pour les réparations courantes et les petits travaux d'entretien et, peut-être, un centre de formation. On a laissé entendre qu'il serait nécessaire d'installer un centre opérationnel sur chacune des deux côtes, celle de l'Atlantique et celle du Pacifique. On pourrait combiner l'un de ces centres avec le centre de radoub, qui servirait aux grands travaux de révision et de réparation. Les sites possibles sur la côte est comprennent Halifax, Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) ainsi que St. John's et Argentia (Terre-Neuve). Sur la côte ouest, les sites possibles sont Vancouver, Esquimalt et Prince Rupert(8).

Il est évident qu'il faudrait prévoir un système complexe de procédures en fonction du cycle du combustible nucléaire, depuis l'extraction de l'uranium, sa transformation et le transport du combustible jusqu'à la collecte, au traitement et à l'élimination des déchets solides et liquides provenant des sous-marins mêmes. À l'appui de ce réseau, il faudrait mettre en place tout un système de contrôle environnemental comportant les technologies et le personnel requis pour faire face à des états d'urgence.

---

(7) Navy Response to the Article Entitled "The Nuclear Navy", 20 juillet 1983; et Setting the Record Straight - Allegations and Reactions (tiré de Sea Power, septembre 1983, par Vincent C. Thomas Jr.). Congrès des États-Unis, Naval Nuclear Propulsion Program - 1984, audiences sur le projet de loi HR5263 [H.R.5395], 28 février 1984, annexe D.

(8) Richard L. Donaldson, "Basing the SSN Fleet", Wings Magazine, CASAP, 1988, p. 51-54.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

De toute évidence, il faut dès lors se demander si ces activités relèveraient toutes du ministère de la Défense nationale ou si des organismes civils comme Environnement Canada ou les ministères provinciaux compétents y participeraient, et dans quelle mesure. Une deuxième question porte sur le statut de l'information recueillie par le système de surveillance de l'environnement, quel que soit l'organisme qui en serait responsable. Le public pourrait-il avoir accès à cette information, ou serait-elle classée secrète comme relevant de la sécurité nationale?

Des sous-marins à propulsion nucléaire sont en exploitation depuis une trentaine d'années, et on a certainement accumulé une foule de données, surtout aux États-Unis mais aussi en France et en Grande-Bretagne, qui permettraient de démontrer que ces bâtiments sont sûrs et efficaces. Il faut présumer qu'il existe aussi de nombreux renseignements sur les répercussions environnementales de l'exploitation de ces sous-marins. Pourtant, jusqu'ici, on n'a fourni que peu d'information au public canadien sur cet aspect du programme proposé concernant les sous-marins.